



Ari Nikula



Ron Store

Ari Nikula ja Ron Store

Paikkatietomenetelmät aluetason tutkimuksen ja metsäsuunnittelun apuvälineenä

Nikula, A. & Store, R. 1999. Paikkatietomenetelmät aluetason tutkimuksen ja metsäsuunnittelun apuvälineenä. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/1999: 523–532.

Metsäntutkimuksessa on alettu yhä enemmän kiinnittää huomiota yksittäistä koealaa tai elinympäristölaikkua laajempiin kokonaisuuksiin – maisemiin ja alueisiin. Tähän on vaikuttanut mm. lisääntynyt tieto tarkasteltavien kohteiden ja niiden ympäristöjen vuorovaikutuksista. Myös metsäsuunnitteluun ollaan liittämässä aiempaa monipuolisempia tavoitteita, mikä vaatii suunnittelu- ja järjestelmiltä uusia ominaisuuksia. Apuvälineitä tarvitaan erityisesti suunnittelualueetta kuvaavan tiedon tuottamiseen ja hallintaan sekä alueen rakenneanalyysiin.

Paikkatietojärjestelmistä ja -menetelmistä on muodostumassa tärkeä väline aluetason suunnitteluun ja tutkimukseen. Niiden avulla on mahdollista tuottaa ja visualisoida maiseman rakennetta kuvaavaa spatiaalista ja määrällistä tietoa mm. erilaisten paikkatietoanalyysien avulla. Paikkatietojärjestelmiä voidaan käyttää apuvälineenä myös tuotettaessa ekologista perustietoa vankistamaan esimerkiksi alue-ekologisen suunnittelun lähtökohtia ja menetelmiä. Sekä metsäsuunnittelun että ekologisen perustiedon tuottamisen kannalta keskeistä on myös, että paikkatietojärjestelmien avulla voidaan hallita suunnittelu- tai tutkimusalueen kokoa ja mittakaavaa joustavasti. Vaikka paikkatietojärjestelmien hyödyntäminen aluetason tutkimuksissa on jo käynnistynyt lupaavasti, tarvitsee maiseman rakenteen tarkasteluja vaativien tavoitteiden sisällyttäminen metsäsuunnitteluun vielä runsaasti kehitystyötä sekä erilaisia tavoitteita kuvaavien mallien että suunnittelumenetelmien osalta.

Asiasanat: paikkatietojärjestelmät, alue-ekologinen suunnittelu, alue-ekologia, metsätalouden suunnittelu

Yhteystiedot: *Nikula*, Metla, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi; *Store*, Metla, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus.

Faksi (Nikula) (016) 336 4640, sähköposti ari.nikula@metla.fi, ron.store@metla.fi.

Hyväksytty 21.5.1999.

1 Johdanto

1.1 Alue-ekologia ja aluetason suunnittelu

Ekologinen tutkimus on perinteisesti kohdistunut lajeihin, populaatioihin, lajiyhteisöihin, ekosysteemeihin tai yksittäisiin habitaatteihin. Etenkin viimeisten noin 20 vuoden aikana huomiota on alettu yhä enemmän kiinnittää laajempiin kokonaisuuksiin, maisemiin (*landscape*), ja vielä maisemaakin laajempiin alueisiin (*region*) (Wiens 1995). Näkökulman muuttumisen myötä oikean tarkastelimitakaavan (*scale*) käyttäminen tutkimuksessa on tullut yhä tärkeämmäksi (Wiens 1989, Levin 1992). Samaan aikaan myös maisemaekologiaksi tai alueekologiaksi kutsuttu tieteenala on kehittynyt voimakkaasti (Hersperger 1994, Forman 1997). Kehitykseen ovat vaikuttaneet toisaalta huoli ihmistoiminnan aiheuttamista muutoksista ympäristössä ja toisaalta lisääntynyt tieto tarkasteltavien kohteiden ja niiden ympäristöjen monimutkaisista vuorovaikutussuhteista.

Myös metsiin liittyvissä tutkimuksissa on perinteisen tutkimuskohteen, kuten koealan tai metsikön, ominaisuuksien lisäksi alettu tarkastella yhä enemmän myös kohteen ympäristön ominaisuuksia. Syyinä on se, että metsätaloudessa otetaan nykyisin yhä enemmän huomioon myös muita kuin puuntuotannollisia arvoja. Erityisesti metsätalouden vaikutukset metsien virkistyskäyttöön ja metsissä luontaisesti esiintyviin eliölajeihin ovat olleet tutkimuksen kohteena. Tutkimuksen kannalta ongelman aseteluun on tullut uusi ulottuvuus siinä mielessä, että havainnot jossakin pisteessä (esimerkiksi metsikön maisema-arvo, kasvu tai metsikössä havaitut eliölajit) eivät ole välttämättä tulosta pelkästään metsikön sisäisistä ominaisuuksista (esim. kasvupaikkatyyppi, puulajit, ikä), vaan voivat osittain selittyä mittauspaikan ympäristön ominaisuuksilla.

Käytännön metsätaloudessa alue-ekologinen suunnittelu on nopeasti yleistymässä (esim. Hallman ym. 1996). Alue-ekologisen suunnittelun pyrkimyksenä on turvata kullakin suunnittelualueella luontaisesti esiintyvän lajiston säilyminen elinvoimaisena. Menetelminä tässä työssä ovat tyypillisesti eri lajien kannalta tärkeiden, ns. avainbiotooppien säästäminen sekä ekologisten käytävien ja askelkivien jättäminen. Esimerkiksi askelkivien jättämi-

nen on periaatteessa ymmärrettävää, mutta niiden merkitystä eri lajeille on tutkittu vähän. Maisematason tarkasteluita, joissa suunnittelualueen rakennetta tarkastellaan jonkin lajin elinympäristövaatimusten kannalta, ei juuri tehdä. Vaikka lajien elinympäristövaatimukset tunnettaisiinkin, nykyisillä suunnittelumenetelmillä ja suunnittelussa käytettävillä aineistoilla tätä tietoa ei voida välttämättä käyttää hyväksi.

Aluetason suunnittelun kannalta alue-ekologinen lähestymistapa on nähty lupaavana lähtökohtana siksi, että se on ihmisiä ja ihmisten ympäristöjä käsittelevien tieteiden sekä ekologian ja biologian alan tutkimusten saumakohdassa. Perinteisestä teknis-taloudellisesta luonnonvarojen käytön suunnittelusta alue-ekologinen lähestymistapa eroaa siinä, että alue-ekologiassa kiinnitetään enemmän huomiota myös ekologisiin ja sosioekonomisiin prosesseihin sekä niihin vaikuttaviin rakenteellisiin ja spatiaalisiin tekijöihin (Hersperger 1994).

Suomessa alue-ekologisen suunnittelun ongelmiksi on todettu mm. tieteellisen perustan hataruus, resurssien pienuus, työmenetelmien kehittymättömyys sekä inventointitietojen puutteellisuus tietyillä alueilla (Itkonen 1998). Lisäksi vaihtoehtoisten ekologisten suunnitelmien laskennallisten vertailujärjestelmien puuttumiseen on kiinnitetty huomiota (Karvonen 1998). Alue-ekologiseen suunnitteluun liittyvän tutkimuksen tavoitteena onkin toisaalta tuottaa ekologista perustietoa, johon käytännön menetelmät ja suositukset voisivat nojautua sekä toisaalta menetelmiä, joilla tämä tietous kytkettäisiin suunnitteluprosessiin.

Käytännön alue-ekologiseen suunnitteluun ollaan liittämässä myös muita kuin ekologisia tavoitteita. Tällöin metsien käytön tavoitteet voivat liittyä myös metsien virkistyskäyttöön tai vaikkapa kulttuuri-, opetus- tai tutkimuskäyttöön, jolloin alue-ekologisen suunnittelun tavoitteena onkin näiden käyttömuotojen yhteensovittaminen (Hallman ym. 1996). Termi alue-ekologinen suunnittelu on kuitenkin tässä yhteydessä käytettynä osittain harhaanjohtava ja olisikin kuvaavampaa puhua aluetason metsäsuunnittelusta tai lyhyemmin aluesuunnittelusta silloin, kun suunnitteluun liittyy paljon myös muita kuin ekologisia tavoitteita.

1.2 Paikkatietojärjestelmät ja paikkatieto

Paikkatietojärjestelmillä (*Geographic Information Systems, GIS*) tarkoitetaan niitä laitteistoja ja tietokoneohjelmistoja, joiden avulla voidaan tallentaa, muokata, analysoida ja tulostaa spatiaalista informaatiota (Star ja Estes 1990). Tärkeimpinä paikkatietojärjestelmien kehittämisen vaikuttimina 1960-luvulta lähtien ovat olleet tarpeet kartoittaa ja analysoida ympäristön tilaa sekä arvioida luonnonvarojen käytön vaikutusta eri näkökulmista. Myös 1970-luvulta alkanut kehitys erilaisten kaukokartoitusaineistojen tuottamisessa ja saatavuudessa on ollut yhtenä ponttimena tuottaa järjestelmiä, joilla voidaan yhdistää ja analysoida kaukokartoitus- ja muita kartta-aineistoja (Burrough 1986).

Paikkatieto on ollut perinteisesti hyvin tärkeässä asemassa luonnonvarojen käytön suunnittelussa, sillä ovathan esimerkiksi metsiä kuvaavat tiedot luonteeltaan paikkatietoa ja kartta luonnollinen tapa kuvata tätä tietoa. Varsinaisesti termi 'paikkatieto' on tullut kuitenkin käyttöön vasta paikkatietojärjestelmien myötä. Perinteisesti ns. kartanvalmistusjärjestelmiä käytettiin metsäsuunnittelussa pääasiallisesti karttatiedon tallentamiseen ja erilaisten teemakarttojen tulostamiseen. Näissä järjestelmissä ominaisuustiedot oli tallennettu usein erillisten tietokantaohjelmistojen avulla. Paikkatietojärjestelmässä puolestaan kohteiden sijaintitieto ja kohteita kuvaavat ominaisuustiedot on tallennettu siten, että järjestelmästä voidaan tehdä joustavasti hakuja ja analyyskejä molempien perusteella. Aluesuunnittelussa paikkatiedon ja varsinaisten paikkatietojärjestelmien merkitys uuden ympäristöä kuvaavan tiedon tuottajana kasvaa entisestään esimerkiksi aluerakenteen analyysien kautta.

Paikkatiedon ja paikkatietoanalyysien käyttö luonnonvaroihin liittyvässä tutkimuksessa on lisääntynyt viime vuosina. Tähän ovat vaikuttaneet paikkatieto-ohjelmistojen saatavuuden parantuminen, käytön helpottuminen, ohjelmistojen hankintahinnan aleneminen sekä analyysimenetelmien kehittyminen. Erityisesti maisemaekologian tutkimus on hyötynyt suuresti nimenomaan paikkatietojärjestelmien ja niihin liittyvien spatiaalisen informaation analyysimenetelmien kehittymisestä (Haines-Young ym. 1993). Metsien virkistyskäytön tutkimus on paikkatiedon hallinta- ja analyysimenetelmien avul-

la löytänyt uusia menetelmiä ja laskentatehoa erityisesti metsikkötasoa laajempaa mittakaavaa vaativiin tarkasteluihin.

Kuitenkaan paikkatietopohjaisten menetelmien mahdollisuuksia ei vielä hyödynnetä riittävästi esimerkiksi alue-ekologisessa ja muussa aluetason suunnittelussa. Tämän katsauksen tavoitteena on tarkastella eläinten elinympäristöanalyyskejä ja maisemasuunnittelua esimerkkeinä käyttäen miten paikkatietomenetelmien avulla voidaan tuottaa aluetason tarkasteluja vaativia tietoja monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun. Lisäksi tavoitteena on kuvata etuja, joita saavutetaan paikkatietomenetelmien avulla ja tarkastella menetelmiä, joilla aluetiedot ovat liitettävissä monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun.

2 Eläinten elinympäristön analyysit

Metsätalous aiheuttaa muutoksia sekä metsiköiden sisäiseen rakenteeseen että maiseman rakenteeseen. Metsikkötasolla metsätalouden toiminnot muuttavat mm. puuston ikä- ja puulajisuhteita. Maisemasuunnittelussa muutokset näkyvät etenkin varttuneiden metsien pinta-alan vähenemisenä ja metsikkökoon pienenemisenä. Samaan aikaan uudistusalojen, taimikoiden ja nuorten metsien osuus on lisääntynyt. Tutkimuksia metsätalouden vaikutuksista metsissä eläviin eliölajeihin on Suomessakin tehty jo ainakin 1960-luvulta lähtien, mutta 1980-luvulta alkaen huomiota on alettu kiinnittää selvästi aikaisempaa enemmän metsäympäristön rakenteen ja eliölajien väliseen suhteeseen (ks. Jokimäki ja Huhta 1998). Metsämaiseman rakenteen muuttumisen onkin esitetty olevan syynä joidenkin metsälajien kantojen laskuun (Helle 1986, Helle ja Järvinen 1986, Virkkala 1990) tai muutoksiin esimerkiksi lisääntymismenestyksessä (Kurki 1997).

Metsämaiseman rakenteen muuttuminen voi heijastua lajeihin ja lajijyhteisöihin paitsi suoraan lajin tarvitseman habitaatin määrän muuttumisen kautta (ravinto, suoja) myös lajin sisäisten (soidinkäyttäytyminen, liikkuminen, isolaatio) ja lajien välisten muutosten kautta. Lajien välisissä suhteissa muutokset elinympäristöissä voivat näkyä esimerkiksi

muuttuneina peto-saalissuhteina (Henttonen 1989). Tutkimukset esimerkiksi metson elinympäristövaatimuksista (Rolstad ja Wegge 1989) viittaavat siihen, että monien selkärankaisten elinympäristötutkimuksessa on tarkasteltava yksittäistä habitaattia laajempia alueita ja nimenomaan alueen rakennetta kuvaavia tunnuksia. Aluetason tarkastelun tekee tarpeelliseksi se, että muutokset alueen maisemarakenteessa heijastuvat eri prosessien kautta tavalla tai toisella yksittäistä habitaattia laajemmalle alueelle ja useisiin eläinlajeihin.

Maisemaekologian piirissä on kehitetty useita hypoteeseja eri eliölajien menestymisestä rakenteeltaan vaihtelevissa maisemissa. Satunnaisotantahypoteesin mukaan (Haila 1983) populaation tai eliöyhteisön koko on lineaarisessa suhteessa lajille sopivan elinympäristön määrään. Kuitenkin Andrénin (1994) mukaan populaatioiden koko vähenee saatavilla olevan habitaatin määrän vähetessä melko suoraviivaisesti vain 20–30 %:iin saakka, kunnes habitaatin edelleen vähetessä laikkujen eristyneisyys toisistaan alkaa vaikuttaa ja populaatiokoko laskee aikaisempaa nopeammin. Toisaalta lajin esiintyminen jollakin alueella riippuu myös lajin kyvystä käyttää eri habitaattityyppejä levittäytymiseen paikasta toiseen. Lajien levittäytymistä pirstoutuneisuudeltaan erilaisissa maisemissa on tarkasteltu mm. perkolaatiomallin avulla (With ja Crist 1995). Eläinten elinympäristötutkimuksia ja metsäalueiden suunnittelua silmällä pitäen näiden mallien olennainen sisältö on se, että eliölajien esiintymiseen maisemassa vaikuttavat sekä elinympäristölaikkujen suhteellinen määrä että niiden sijainti toisiinsa nähden (Dunning ym. 1992).

Paikkatietoanalyysyjä varten eläinten elinympäristön käytöstä voidaan tehdä havainnoja useilla eri tavoilla, mutta keskeistä on, että havainnot on paikannettu. Riistakolmiolaskentojen (Lindén ym. 1996) paikannukset muodostavat yhden paikkatietotutkimuksiin soveltuvan eläinaineiston (Helle ja Nikula 1996, Helle ym. 1996). Riistan- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen koordinoimat riistakolmiolaskennat perustuvat maastoon merkittyihin, yhteensä noin 1500 pysyvään laskentalinjaan. Kukin laskentalinja on muodoltaan tasasivuinen kolmio, jonka yksi sivu on 4 km. Vapaaehtoiset avustajat laskevat näistä noin tuhat kolmiota kaksi kertaa vuodessa. Talvella laskentalinjoilta kirjataan linjan ylitt-

täneiden nisäkkäiden jäljet ja elokuussa puolestaan otetaan mukaan laskentakaistalla nähdyt kanalinnut lukumäärä-, sukupuoli- ja poikuetietoineen. Havaintopaikat merkitään maastossa 1:20 000 karttajäljennöksen (menetelmästä tarkemmin ks. Lindén ym. 1996). Talvilaskenta tuottaa koko maasta noin 60 000 ja elokuun laskenta noin 15 000 riistahavaintopaikkaa. Kolmioiden sijainti sekä paikannetut havainnot on tutkimuksia varten digitoitu ja viety ominaisuustietoineen paikkatietokantaan.

Tutkimuksissa on maisemaa kuvaavana aineistona käytetty sekä valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) että maanmittauslaitoksen tuottamia satelliittikuviin perustuvia maankäyttö- ja puustotulkintoja (Tomppo 1991, 1993, 1996, Vuorela 1997). VMI:n perusluokitus tuottaa jokaiselle 25 m × 25 m maisamaelementille (ruudulle) kullekin puulajille erikseen (mänty, kuusi, koivu, muut) tiedot puuston kokonaistilavuudesta. Lisäksi tuotetaan eräitä muita puustoa kuvaavia tunnuksia. Maanmittauslaitoksen tuottamissa maankäyttö- ja puustotulkintoissa puolestaan jokainen ruutu kuuluu johonkin 40–60 maankäyttöä tai puustoa kuvaavasta luokasta. Puustoiset alueet on luokiteltu yleensä 50 m³:n/ha välein, mutta vähäpuustoiset turvemaat sekä erityyppiset taimikot ovat omina luokkinaan (Vuorela 1997). Molemmat aineistot ovat saatavissa numeerisina ja ne voidaan viedä paikkatietokantaan.

Eläinten elinympäristötutkimuksissa maisema pyritään jakamaan sellaisiin maisemaluokkiin, joilla on merkitystä tutkittavan lajin kannalta. VMI:n tuottamat monikanavaiset satelliittikuvat voidaan paikkatietojärjestelmässä luokitella edelleen vastaamaan tutkittavan eliölajin kannalta oleellisia habitaatti- tai muita maankäyttötyyppejä. Uudelleenluokitus tapahtuu summaamalla ruuduittain puulajeitaisten kanavien tilavuusarvoja sekä määrittelemällä kunkin ruudun puulajivaltaisuus tai sekapuustoisuus tarpeen mukaan. Maanmittauslaitoksen aineiston maisemaluokkia voidaan paikkatietojärjestelmän avulla puolestaan yhdistää toisiinsa. Myös eri lähteistä saatavia digitaalisia tie-, pelto-, vesistö-, asutus- ym. aineistoja voidaan paikkatietojärjestelmän avulla liittää mukaan ja tarkastella muiden kuin metsiin liittyvien tekijöiden vaikutusta kulloiseenkintutkimusongelmaan.

Maisemarakenteen analyysit ovat periaatteessa yksinkertaisia: Paikkatietojärjestelmän avulla eläin-

havainnot sijoitetaan oikealle kohdalleen maisemaineistoon, minkä jälkeen havaintopaikan tai laskentalinjan ympäriltä leikataan satelliittikuvalta halutun kokoinen alue ja alueen rakennetta kuvaamaan lasketaan useita tunnuksia. Saatuja tunnuksia voidaan hyödyntää vertaamalla niitä maisemaan yleensä (vertailu satunnaisotokseen), vertaamalla populaatiotiheydeltään erilaisia alueita tai tarkastelemalla populaatiotiheyden muuttumista maiseman rakennetunnusten funktiona (Helle ja Nikula 1996, Helle ym. 1996). Maiseman rakennetta kuvaavat tunnukset voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään sen mukaan, kuvaavatko ne erilaisten elinympäristötyyppien tai niihin liittyvien ominaisuuksien määrää vai kuvaavatko ne elinympäristölaikkujen sijoitumista maisemassa suhteessa toisiinsa (spatiaalisuus). Tärkeimpiä määrällisiä tunnuksia ovat kuitenkin maisemaluokan pinta-ala ja osuus maisemasta, laikkujen keskimääräinen koko, reunamitat sekä ydinalueiden pinta-ala ja keskikoko. Spatiaalista informaatiota kuvaavat puolestaan naapurisuusmitat, kuten samanlaisten elinympäristölaikkujen keskimääräinen etäisyys toisistaan ja naapurilaikun laatu.

Maisemaa kuvaavia tunnuksia valittaessa on tärkeää, että niillä on selvä merkitys tutkittavan lajin kannalta ja että ne ovat ekologisesti mielekkäästi tulkittavissa. Samoin on tärkeää, että useita tunnuksia tarkastellaan yhtä aikaa, jotta maiseman rakennepiirteet saadaan kattavammin kuvattua (McGarigal ja Marks 1995). Metsäsuunnittelua ajatellen on myös oleellista, että alueen rakennetunnukset ovat joko valmiina suunnittelutiedoissa tai ne voidaan tuottaa helposti.

3 Maiseman kauneuden tarkastelu

Metsien virkistyskäytön määrän nopea kasvu viime vuosikymmeninä on kohdistanut huomiota niihin tekijöihin, jotka vaikuttavat virkistyskokemuksen onnistumiseen. Tehdyissä tutkimuksissa on havaittu, että metsämaiseman kauneudella on keskeinen vaikutus ulkoilukokemuksen miellyttävyyteen. Hyvän ulkoiluympäristön ominaisuuksiin kuuluu maisemallisesti vaihteleva ja kaunis metsäluonto

(Eskelinen 1979, Karhu ja Kellomäki 1980). Metsien virkistyskäyttö ja kaunis metsämaisema on otettu yhdeksi suunnittelun lähtökohdaksi myös nykyisessä Metsähallituksen alue-ekologisessa suunnittelussa, missä maiseman kannalta tärkeitä kohteita ovat mm. virkistysreittien varret, rantametsät sekä vaaroilta ja vesistöiltä avautuvat kaukomaisemat (Hallman ym. 1996).

Metsämaiseman kauneus on tyypillinen esimerkiksi tutkimuskohteesta, jossa tarkastelun mittakaavalla on oleellinen merkitys tuloksiin. Metsämaiseman kauneutta on tutkittu sekä metsikkötasolla että laajemmalla metsäaluetasolla. Metsikkötasolla kauneuteen vaikuttavista tekijöistä tärkeimpiä ovat puulajisuhteet, puuston ikä ja tiheys, runkojen järeys sekä alikasvoksen määrä (Savolainen ja Kellomäki 1981, Pukkala 1988). Yleensä varttuneita ja järeitä puita sisältäviä metsiä pidetään kauneimpina. Yhden puulajin metsiköistä koivumetsät ovat arvostetumpia kuin mänty- tai kuusimetsät.

Metsäaluetasoa koskevissa tutkimuksissa korostetaan metsäalueen vaihtelevuuden merkitystä alueen maisemalliselle kauneudelle ja soveltuvuudelle virkistyskäyttöön (Lovén 1973, Kellomäki 1975, Axelsson-Lindgren 1990). Tärkeimpiä vaihtelun lähteitä ovat vesistöt, suot, pienialaiset niityt ja puolikulttuuribiotoopit, topografinen vaihtelu sekä puustoltaan ja kooltaan erilaiset metsikkökuviot. Kellomäen (1984) mukaan oleellista vaihtelun kannalta on puustoisten ja avoimien alueiden vuorottelu.

Ihmisten maisema-arvostusten tunteminen on tarpeellista mm. arvioitaessa erilaisten metsänkäsittelytoimenpiteiden vaikutusta maiseman kauneuteen. Tätä varten on rakennettu malleja, joiden avulla ennustetaan maiseman kauneuden kehittymistä maisemaelementtien muuttuessa. Metsikkötasolla malleissa käytetään tavallisesti kuvioittaisessa arvioinnissa kerättäviä metsikkötunnuksia (esim. Brown ja Daniel 1986, Pukkala 1988). Metsäaluetasolle mallien laatiminen on osoittautunut metsikkötasoa hankalammaksi. Yhtenäistä mittaustapaa ei ole pystytty kehittämään ja on vaikeaa määrittää niitä tunnuksia, joilla maiseman kauneutta selitettäisiin.

Viime aikoina paikkatietojärjestelmien tarjoamia menetelmiä ja tekniikoita on alettu hyödyntää yhä enemmän myös maisemasuunnittelun tutkimuksessa. Aluetason maisematarkasteluissa apuvälineitä tarvitaan erityisesti maiseman rakenteen analysoin-

tiin sekä maisemaelementtejä kuvaavan tiedon tuottamiseen ja hallintaan. Tavallisimmat maisemasuunnittelussa käytettävät paikkatietotyökalut ovat vaikutusvyöhykkeiden muodostus ja alueleikkaukset. Näiden avulla on mm. tehty erilaisia luokituksia ja etsitty maisemallisesti arvokkaita alueita jätettäväksi pelkästään taloudellista hyötyä tavoittelevien hakuiden ulkopuolelle (Walsh ja Butler 1989). Alueleikkauksia ja vaikutusvyöhykkeiden muodostamista on käytetty myös metsäsuunnittelussa tarvittavan metsikkökuvioinnin tarkentamiseen maisemallisesti keskeisillä alueilla (Store 1996).

Paikkatietoanalyseissa voidaan nykyään hyödyntää tietokoneiden suurta laskentakapasiteettia, jolloin käsiteltävä aineisto voi olla hyvinkin suuri. Kuvaava esimerkki on näkyvyysanalyysi, joka voidaan tehdä paikkatietojärjestelmällä suurillekin alueille kohtuullisin kustannuksin. Maastotöinä tehdyt kartoitukset ovat hyvin työläitä ja kalliita ja soveltuvat lähinnä maisemallisiin erityiskohteisiin. Yksi merkittävimmistä näkyvyysanalyysin sovelluksista metsätalouteen on uudistettavan alueen näkyvyyden kartoitus (esim. Davidson ym. 1992, Pukkala ym. 1995, Store 1996, Dean 1997).

Paikkatiedon analysoinnin tavoitteena voi myös olla maisemamallien rakentaminen, jolloin pyritään löytämään yhteyksiä tiettyjen maiseman rakenteiden ja arvostusten välille. Paikkatietojärjestelmien osana näissä tutkimuksissa on tuottaa olemassa olevasta paikkatiedosta maisemarakenteita ja visuaalisia elementtejä kuvaavaa ja luokittelevaa tietoa. Usein tällaisissa menetelmissä arvioidaan ensin maiseman kauneutta esim. valokuvilta ja pyritään paikkatietojärjestelmän avulla määrittämään valokuvien esittämien maisemien maisemaelementit. Tämän jälkeen rakennetaan ennustava malli maisemaelementtien ja maisema-arvostusten välille (esim. Steinitz 1990, Brown 1994, Bishop ja Hulse 1994).

Yksi näkyvimmistä paikkatiedonhallinnan sovellusesimerkeistä on eri tietolähteistä peräisin olevan tiedon yhdistäminen. Esimerkiksi Amir ja Gidali-zon (1990) käyttivät asiantuntijoita määrittääkseen ne maiseman ominaisuudet, jotka tekivät visuaalisesta maisemasta kestävästi ihmisen aiheuttamille muutoksille ja käyttivät paikkatietojärjestelmää näiden ominaisuuksien yhdistämiseen maisemallista herkkyyttä kuvaavaksi kartaksi. Paikkatietojärjestelmien tiedonhallintaominaisuuksia on käytetty

paitsi perinteisten numeeristen karttojen hallinnassa myös hyödynnettäessä satelliittikuvien sisältämää tietoa maiseman kauneuden arviointiin (Crawford 1994).

Paikkatietojärjestelmät ovat hyvä alusta myös erilaisten menetelmien yhdistämiseen. Maisemasuunnittelussa, jossa arvostusten takana oleva logiikka on usein vaikeasti hahmotettavissa, voidaan käyttää esimerkiksi neuraaliverkkoja jäljittelemään ihmisen tekemiä ratkaisuja ja valintoja. Gimblett ym. (1994) toteuttivat paikkatietojärjestelmäpohjaisen neuraaliverkkosovelluksen, jossa paikkatietojärjestelmää käytettiin tiedon esittämiseen ja käsittelyyn ja itse menetelmää maiseman sopivuusluokitteluun.

Tällä hetkellä voimakkaasti kehittyvä maisemasuunnittelun osa-alue on visualisointi, jonka avulla pyritään mahdollisimman realistisesti kuvaamaan maisema ja sen muuttuminen. Maiseman visualisointia varten paikkatietojärjestelmään on mahdollista tallettaa visualisoinnissa tarvittava kohdetta kuvaava tieto. Nykyisten paikkatietojärjestelmien symbolikirjastot ja piirrostoimet eivät ole kuitenkaan riittävän kehittyneitä realististen maisemakuvien tuottamiseen. Sen sijaan on olemassa joukko erillisiä visualisointiin tarkoitettuja ohjelmia, joissa monissa voidaan hyödyntää paikkatietojärjestelmällä tuotettua tietoa.

4 Paikkatietomenetelmät ja metsäsuunnittelu

Monitavoitteisessa metsäsuunnittelussa on usein mukana tavoitteita, joiden tarkoituksenmukainen tarkastelu vaatii aluetason lähestymistapaa. Tällaisissa tilanteissa paikkatietojärjestelmien käyttö tarjoaa mahdollisuudet hallita suunnittelualueen kokoa ja mittakaavaa joustavasti. Näin eri mittakaavoissa olevien tietojen yhdistely on mahdollista ja tietyn tavoitteen kannalta olennaista tietoa on mahdollista tuottaa mm. eri mittakaavoissa ja tarkkuuksilla.

Suunnittelussa tarvittavan tiedon hallinnan lisäksi paikkatietojärjestelmän työkalujen avulla on mahdollista tuottaa monitavoitteisessa suunnittelussa tarvittavaa tietoa joko yhdistämällä olemassa olevaa tietoa tai tuottamalla uutta tietoa erilaisilla paikkatietoanalyseillä. Suunnittelualueen virkistys-

käyttöä koskevia tavoitteita varten tuotettava tieto voi liittyä esim. virkistyskäytön kannalta keskeisten kohteiden paikallistamiseen erilaisten hakujen tai näkyvyysanalyysin avulla. Alue-ekologiseen suunnitteluun liittyen spatiaalisia analyysejä voidaan käyttää ekologisten kohteiden löytämiseksi sekä ekologisten käytävien muodostamiseen (ks. esim. Kangas ym. 1998)

Tutkimuksissa, jotka tuottavat suunnittelussa tarvittavaa ekologista perustietoa, tutkittavan alueen kokoa voidaan hallita joustavasti paikkatietojärjestelmän avulla. Esimerkiksi elinympäristöä kuvaavat analyysit tehdään havaintopaikkojen ympäriltä usealle eri suuruiselle alueelle. Tekemällä maisemanalyysit jokaiselle maisemakoolle aina uudelleen ja vertaamalla eri tunnusten selittävyttä pyritään määrittelemään lajin tai kulloisenkin kysymyksen kannalta kriittinen maisemakoko (Helle ja Nikula 1996, Helle ym. 1996).

Paikkatietoanalyyseihin perustuissa tutkimuksissa on tärkeää selvittää maiseman rakenteen ja lajin esiintymisen, tiheyden ja lisääntymismenestyksen välisiä riippuvuuksia oikeiden kysymysten avulla. Metsäsuunnittelua varten nämä kysymykset voidaan tiivistää esimerkiksi seuraavasti: Mitä habitaattia tarvitaan (*composition*)? Miten paljon (*amount*)? Millaisina kokonaisuuksina ja minne (*pattern*)? Mikä on oikea tarkastelumittakaava (*scale*)? Näiden kysymysten tärkeyttä korostaa se, että useiden aikaisemmin kehitettyjen elinympäristömallien soveltaminen käytännön suunnitteluun on ollut vaikeaa tai jopa mahdotonta, sillä mallit ovat perustuneet väärin tai epäoleellisiin habitaattiluokituksiin, tutkimusten mittakaava on ollut väärä tai sitten mallituksessa käytetyt elinympäristötunnukset ovat olleet puutteellisia (Gray ym. 1996).

Yksi osa suunnitteluprosessia on vaihtoehtoja kuvaavien tietojen tuottaminen päätöksentekijälle tai prosessin aikaisemmassa vaiheessa mahdollisesti käytettävälle asiantuntijalle, joka arvottaa vaihtoehtoja omaan erikoisalaansa liittyvien tavoitteiden suhteen. Nämä tiedot voivat olla numeerisessa muodossa tai karttamuodossa. Luonnonvaroihin liittyvässä suunnittelussa kartat ovat usein luonnollisin tapa kuvata suunnittelualueeseen liittyvää tietoa, jolloin on tarkoituksenmukaista hyödyntää paikkatietojärjestelmän kartanvalmistustyökaluja erilaisten teemakarttojen tuottamisessa. Erilaisten karttojen

käytön suunnitteluprosessin yhteydessä on katsottu helpottavan mm. eri alojen asiantuntijoiden välistä keskustelua (Forman 1997). Nykyisin myös erilaiset WWW-pohjaiset sovellukset, joissa muualla sijaitsevasta paikkatietojärjestelmästä tuotetaan karttoja palvelinkoneen kautta omalle näytölle, ovat yleistymässä

Paikkatietojärjestelmien käytön hyöty monitavoitteisessa metsäsuunnittelussa kohdentuu selvimmän suunnittelussa tarvittavan tiedon hallintaan, tuottamiseen ja visualisointiin. Paikkatietomenetelmien käyttö mahdollistaa joidenkin suunnitteluprosessin työvaiheiden siirtämisen tietokoneen hoidettavaksi, jolloin niukat ihmistyöresurssit voidaan kohdentaa muualle. Lisäksi paikkatietojärjestelmät ovat tärkeä apuväline numeeristettaessa kuvailevaa tietoa, mikä helpottaa vaihtoehtoisten ratkaisujen vertailua. Järjestelmillä voidaan myös tuottaa ekologista perustietoa vankistamaan esim. alue-ekologisen suunnittelun lähtökohtia ja menetelmiä. Joissakin tapauksissa paikkatietojärjestelmillä voidaan tuottaa myös tietoa, joka korvaa inventointitietojen puutteellisuksia.

Metsäsuunnittelussa maiseman rakenteen tarkasteluja vaativien tavoitteiden sisällyttäminen suunnitteluun on usein ongelmallista. Esimerkiksi sitä, kuinka metsäsuunnittelussa käytettävät tiedot soveltuvat eri lajien laadullisten ja alueellisten elinympäristövaatimusten huomioonottamiseen on tarkasteltu vain muutaman lajin osalta. Myös maiseman kauneuden kohdalla aluetason tutkittua tietoa on huomattavasti vähemmän kuin metsikkötason tietoa. Lisäksi menetelmät, joiden avulla aluetason rakenteellisia tavoitteita voitaisiin metsäsuunnitteluun sisällyttää, ovat vielä puutteellisia. Spatiaalisuuden ja maiseman muiden rakenteellisten ominaisuuksien merkitys monen suunnitteluongelman ratkaisun kannalta on kuitenkin niin ilmeinen, että uusien, myös aluetason rakenteellisia tavoitteita käsittelemään pystyvien menetelmien kehittämistarve on suuri.

Joitakin ratkaisuja sille, kuinka suunnittelualueen rakenteelliset piirteet voidaan ottaa huomioon metsäsuunnittelussa, on kuitenkin esitetty. Suora- viivaisin tapa on rajoittaa kuvioiden käsittelyvaihtoehtoja niiden maisemarakenteellisten ominaisuuksien perusteella ennen optimointia (esim. Næsset 1997). Menetelmä soveltuu parhaiten kokonaan

metsänkäsittelyn ulkopuolelle jäävien kohteiden valintaan. Toinen mahdollisuus on selvittää maiseman rakenteen kannalta arvokkaat kuviot paikkatietoanalyysien avulla ja käyttää optimoinnissa painokerrointa esimerkiksi tärkeiden kuvioiden uudistamistodennäköisyyden pienentämiseen (Store 1996). Kolmas mahdollisuus on ottaa maiseman rakenteeseen liittyvät tavoitteet huomioon optimoinnin jälkeen, jolloin esimerkiksi asiantuntijaraadin avulla arvotetaan valmiita suunnitelmavaihtoehtoja tiettyjen spatiaalisia näkökohtiakin sisältävien kriteerien avulla (Kangas ym. 1993).

Nykyisissä menetelmissä spatiaalisuuden huomioonottaminen on tapahtunut lähes poikkeuksetta varsinaisen optimointiprosessin ulkopuolella. Jotta spatiaaliset tavoitteet voitaisiin sisällyttää numeeriseen optimointiin, olisi pystyttävä määrittämään mikä vaikutus kuvioiden sijoittumisella on tavoitteeseen ja kuvaamaan tämä riippuvuus esim. hyötyfunktion avulla. Lisäksi suunnitteluohjelmiston pitäisi kyetä tuottamaan aluetason rakenteelliset muutokset kaikille käsittelyvaihtoehtojen yhdistelmille. Tällöin eri tavoitteiden kannalta tärkeiden alueellisten rakennepiirteiden huomioonottaminen voidaan teknisesti toteuttaa esimerkiksi heuristisen optimoinnin avulla (Pukkala ja Kangas 1993). Spatiaalisen optimoinnin käyttö metsäsuunnittelussa on vielä harvinaista, mutta esim. Pukkalan ym. (1995) esittelemässä menetelmässä voitiin optimointilaskelmiin sisällyttää myös alueen vaihtelevuus, jota kuvattiin kuvionrajan pituuden avulla. Samalla tavalla laskelmiin voidaan ajatella sisällytettävän esimerkiksi eläinten elinympäristövaatimuksia kuvaavia tietoja.

Aluenäkökulman mukaantuominen metsien käytön suunnitteluun ei sinänsä ole uusi keksintö, vaan ensimmäiset metsäsuunnittelumenetelmät perustuvat nimenomaan metsälötalouteen. 1900-luvun alussa kehitetyn metsikkötalouden perusajatus oli, että yksittäisten metsiköiden käsittely suunnitellaan erillään muista metsiköistä. Nykyisissä suunnittelumenetelmissä pyritään yhdistämään metsälö- ja metsikkötalouden menetelmiä, jolloin käsittelyehdotukset tuotetaan yksittäisille metsikkökuviolle, mutta suunnitelmavaihtoehtojen hyvyys arvioidaan aluetasolla. Paikkatietomenetelmien avulla yksittäisen metsikön käsittelyvaihtoehtoja tai -ajankohtia punnittaessa mukaan voidaan tuoda myös aluetasolla

punnittuja spatiaalisia kriteerejä, jotka voivat vaikuttaa toimenpidepäätökseen tai -järjestykseen. Tar kasteltavien päätöskriteerien joukko voi tällöin olla huomattavasti monipuolisempi kuin mihin perinteisillä menetelmillä kyettäisiin.

Paikkatietojärjestelmien käyttö alue-ekologisesa suunnittelussa mahdollistaa periaatteessa joidenkin spatiaalisten tavoitteiden kannalta optimaalisen ratkaisun hakemisen numeerisesti. Suunnittelujärjestelmien kehittymättömyyden lisäksi ongelma on se, että ekologista tietoa on – ja ilmeisesti tulee myös olemaan – vain osasta eliölajeja. Mille lajeille tai lajiryhmille tulisi laittaa eniten painoa? Ovatko tärkeimpiä luonnonsuojelullisesti arvokkaat, taloudellisesti merkittävät vai jotkut muut lajit?

Kirjallisuus

- Amir, S. & Gidalizon, E. 1990. Expert-based method for the evaluation of visual absorption capacity of the landscape. *Journal of Environmental Management* 30: 251–263.
- Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 17: 355–366.
- Axelsson-Lindgren, C. 1990. Uppleva skillnader mellan skogsbestånd – rekreation och planeringsaspekter. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institution för landskapsplanering, Stad & Land 87.
- Bishop, I. & Hulse, D. 1994. Prediction of scenic beauty using mapped data and geographic information systems. *Landscape and Urban Planning* 30: 59–70.
- Brown, T. 1994. Conceptualizing smoothness and density as landscape elements in visual resource management. *Landscape and Urban Planning* 30: 49–58.
- & Daniel, T. 1986. Predicting scenic beauty of timber stands. *Forest Science* 32(2): 471–487.
- Burrough, P. 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford science publications: Monographs on soil and resources survey 12. 194 s.
- Crawford, D. 1994. Using remotely sensed data in landscape visual quality assessment. *Landscape and Urban Planning* 30: 71–81.
- Davidson, D., Selman, P. & Watson, A. 1992. The evaluation of a GIS for rural environmental planning. *EGIS proceedings*. s. 135–144.
- Dean, D. 1997. Improving the accuracy of forest viewsheds using triangulated networks and the visual

- permeability method. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 969–977.
- Dunning, J.B., Danielson, B.J. & Pulliam, H.R. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 65: 169–175.
- Eskelinen, O. 1979. Pyynikin ulkoilualue: Tutkimus erään metsäisen ulkoilu ympäristön hyvinvointitekijöistä. Summary: The natural environmental welfare factors of the forested outdoor recreation area Pyynikki. *Silva Fennica* 13(2): 146–151.
- Forman, R.T.T. 1997. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions.* Cambridge University Press. 632 s.
- Gimblett, R., Ball, G. & Guisse, A. 1994. Autonomous rule generation and assessment for complex spatial modeling. *Landscape and Urban Planning* 30: 13–26.
- Gray, P.A., Cameron, D. & Kirkham, I. 1996. Wildlife habitat evaluation in forested ecosystems: some examples from Canada and the United States. Teoksessa: DeGraaf, R.M. & Miller, R.I. (toim.), *Conservation of faunal diversity in forested landscapes.* Chapman & Hall, London. s. 407–536.
- Haila, Y. 1983. Land birds on northern islands: a sampling metaphor for insular colonisation. *Oikos* 41: 334–351.
- Haines-Young, R., Green, D.R. & Cousins, S. (eds) 1993. *Landscape ecology and geographic information systems.* Taylor & Francis, London – New York – Philadelphia. 288 s.
- Hallman, E., Hokkanen, M., Juntunen, H., Korhonen, K.M., Raivio, S., Savela, O., Siitonen, P., Tolonen, A & Vainio, M. 1996. Alue-ekologinen suunnittelu. *Metsähallituksen metsätalouden julkaisuja* 3/1996. 59 s.
- Helle, P. 1986. Effects of forest succession and fragmentation on bird communities and invertebrates in boreal forests. Väitöskirja. Eläintieteen laitos. Oulun Yliopisto. 41 s.
- & Järvinen, O. 1986. Population trends of North Finnish land birds in relation to their habitat selection and changes in forest structure. *Oikos* 46: 107–115.
- & Nikula, A. 1996. Usage of geographic information systems (GIS) in analyses of wildlife triangle data. *Finnish Game Research* 49: 26–36.
- , Nikula, A., Kumpu, P. & Kurki, S. 1996. Riistakolmiolaskentojen paikannettujen havaintojen käyttö tutkimuksessa. Summary: Located observations in wildlife triangle scheme: use of geographic information systems. *Suomen Riista* 42: 56–66.
- Henttonen, H. 1989. Metsien rakenteen vaikutuksesta myyräkantoihin ja sitä kautta pikkupetoihin ja kanaintuihin – hypoteesi. Summary: Does an increase in the rodent and predator densities, resulting from modern forestry, contribute to the long term decline in Finnish tetraonids? *Suomen Riista* 35: 83–90.
- Hersperger, A.M. 1994. Landscape ecology and its potential application to planning. *Journal of Planning Literature* 9(1): 14–30.
- Itkonen, P. 1998. Metsähallituksen alue-ekologinen suunnittelu. Teoksessa: Jokimäki, J., Kangas, J., Varmola, M. & Virtanen, E. (toim.), *Alue-ekologista tietoa metsäsuunnitteluun.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 685: 85–89.
- Jokimäki, J. & Huhta, E. 1998. Alue-ekologinen tutkimus Pohjois-Suomen metsissä. Teoksessa: Jokimäki, J., Kangas, J., Varmola, M. & Virtanen, E. (toim.), *Alue-ekologista tietoa metsäsuunnitteluun.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 685: 19–28.
- Kangas, J., Karsikko, J., Laasonen, L. & Pukkala, T. 1993. A method for estimating the suitability function of wildlife habitat for forest planning on the basis of expertise. *Silva Fennica* 27(4): 259–268.
- , Store, R., Leskinen, P. & Mehtätalo, L. 1998. Improving the quality of landscape ecological forest planning. *Käsikirjoitus* 20 s.
- Karvonen, L. 1998. Alue-ekologisen suunnittelun kokemuksia ja kehittämistapeita Länsi-Lapin alueella. Teoksessa: Jokimäki, J., Kangas, J., Varmola, M. & Virtanen, E. (toim.), *Alue-ekologista tietoa metsäsuunnitteluun.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 685: 91–100.
- Karhu, I. & Kellomäki, S. 1980. Väestön mielipiteet metsänhoidon vaikutuksesta maisemakuvaan Puolangan kunnassa. Tiivistelmä: Effects of silvicultural practice on amenity of forest landscape. A study on attitude among inhabitants of Puolanka, north-eastern Finland. *Silva Fennica* 14(4): 409–428.
- Kellomäki, S. 1975. Forest stand preferences of recreationalist. Tiivistelmä: Ulkoilijoiden metsikköarvostukset. *Acta Forestalia Fennica* 146. 36 s.
- 1984. Metsätaloudellinen ympäristönhoito. Joensuun yliopisto metsätieteellinen tiedekunta. *Silva Carelica* 1. 200 s.
- Kurki, S. 1997. Spatial variation in the breeding success of forest grouse: the role of predation in fragmented boreal landscapes. Väitöskirja. *Annales Universitatis Turkuensis A II*, osa 102. 72 s.
- Levin, S.A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73(6): 1943–1967.
- Lindén, H., Helle, E., Helle, P. & Wikman, M. 1996. Wildlife triangle scheme in Finland: methods and aims for monitoring wildlife populations. *Finnish Game Research* 49: 4–11.
- Lovén, L. 1973. Metsäammattimiesten maisemanhoidolliset arvostukset. Summary: Landscape preferences of

- professional foresters. *Silva Fennica* 7(1): 8–23.
- McGarigal, K. & Marks, B.J. 1995: FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. US Forest Service General Technical Report, PNW, 351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 s.
- Næsset, E. 1997. A spatial decision support system for long-term forest management planning by means of linear programming and a geographical information system. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12: 77–88.
- Pukkala, T. 1988. Methods to incorporate the amenity of landscape into forest management planning. Tiivistelmä: Menetelmiä maisemanhoidon liittämiseksi metsätalouden suunnitteluun. *Silva Fennica* 22(2): 135–146.
- & Kangas, J. 1993. A heuristic optimization method for forest planning and decision making. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 560–570.
- , Nuutinen, T. & Kangas, J. 1995. Integrating scenic and recreational amenities into numerical forest planning. *Landscape and Urban Planning* 32: 185–195.
- Rolstad, J. & Wegge, P. 1989: Capercaillie Tetrao urogallus populations and modern forestry – a case for landscape ecological studies. *Finnish Game Research* 46: 43–52.
- Savolainen, R. & Kellomäki, S. 1981. Metsän maisemallinen arvostus. Summary: Scenic value of forest landscape. *Acta Forestalia Fennica* 170. 74 s.
- Star, J. & Estes, J. 1990. Geographic information systems. An introduction. Prentice Hall, N.J. 303 s.
- Steinitz, C. 1990. Towards a sustainable landscape with high visual preference and high ecological integrity: the loop road in Acadia National Park, U.S.A. *Landscape and Urban Planning* 19: 213–250.
- Store, R. 1996. Maiseman huomioonottavan metsikkökuvioinnin tuottaminen paikkatietojärjestelmällä. *Folia Forestalia* 3: 245–262.
- Tomppo, E. 1991. Satellite image-based National Forest Inventory of Finland. Teoksessa: Proceedings of the Symposium on Global and Environmental Monitoring, Techniques and Impacts. September 17–21, 1990, Victoria, British Columbia, Canada. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 28, part 7-1: 419–424.
- 1993. Multi-source National Forest Inventory of Finland. Teoksessa: Nyysönen, A., Poso, S. & Rautala, J. (toim.), Proceedings of Ilvessalo Symposium on National Forest Inventories. Finland 17–21 August 1992. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 444: 52–59.
- 1996. Multi-source National Forest Inventory of Finland. Teoksessa: Päivinen, R., Vanclay, J. & Miina, S. (toim.), New Thrusts in Forest Inventory. Proceedings of the Subject Group S4.02-00 'Forest Resource Inventory and Monitoring' and Subject Group S4.12-00 'Remote Sensing Technology'. Volume I. IUFRO XX World Congress, 6–12 August 1995, Tampere, Finland. *EFI, EFI Proceedings* 7: 27–41.
- Virkkala, R. 1990. Effects of forestry on birds in a changing north-boreal coniferous landscape. *Väitöskirja. Helsingin yliopisto, Eläintieteen laitos*. 94 s.
- Vuorela, A. 1997. Satellite based land cover and forest classification of Finland. Teoksessa: Kuittinen, R. (toim.), Finnish-Russian seminar on remote sensing in Finland 29.8.–1.9.1994. Reports of the Geodetic Institute 97(2): 41–51.
- Walsh, S. & Butler, D. 1989. Spatial pattern of snow avalanche path location and morphometry, Glacier national park, Montana. *GIS/LIS' 89 proceedings*. s. 286–294.
- Wiens, J.A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology* 3: 385–397.
- 1995. Landscape mosaics and ecological theory. Teoksessa: Hansson, L., Fahrig, L. & Merriam, G. (toim.), Mosaic landscapes and ecological processes. Chapman & Hall, London. s. 1–26.
- With, K.A. & Crist, T.O. 1995. Critical thresholds in species responses to landscape structure. *Ecology* 76: 2446–2459.

55 viitettä